

LA INVESTIGACION AERONAUTICA Y ESPACIAL EN ESPANA

Conferencia pronunciada por el Ingeniero Aeronáutico D. Carlos Sánchez Tarifa(*) con motivo de la Junta General de la Asociación de Ingenieros Aeronáuticos.

1. Importancia de la investigación

Hoy día se reconoce plenamente la influencia esencial que ejerce la investigación en el desarrollo económico de un país. La investigación, junto con la enseñanza, son los elementos fundamentales de la ciencia y de la técnica, las que a su vez constituyen los elementos básicos del progreso económico. Hasta tal punto se reconoce este hecho, que se afirma que no hay países pobres o ricos, sino incapaces o capaces, según que carezcan o no de ciencia y técnica propias.

Este reconocimiento de la importancia de la investigación en la economía de un país es más bien reciente, ya que hace años los economistas sólo consideraban como factores del desarrollo económico las inversiones de capital y las horas de trabajo. Modernos estudios han demostrado que la investigación y la educación del potencial humano son factores esenciales para el progreso económico, señalándose que la ciencia y la técnica constituyen pre-requisitos indispensables para el desarrollo económico de un país (1 a 8).

El esfuerzo económico que los países dedican a la investigación es cada vez mayor. En la figura 1 se muestran las cifras que por habitante y

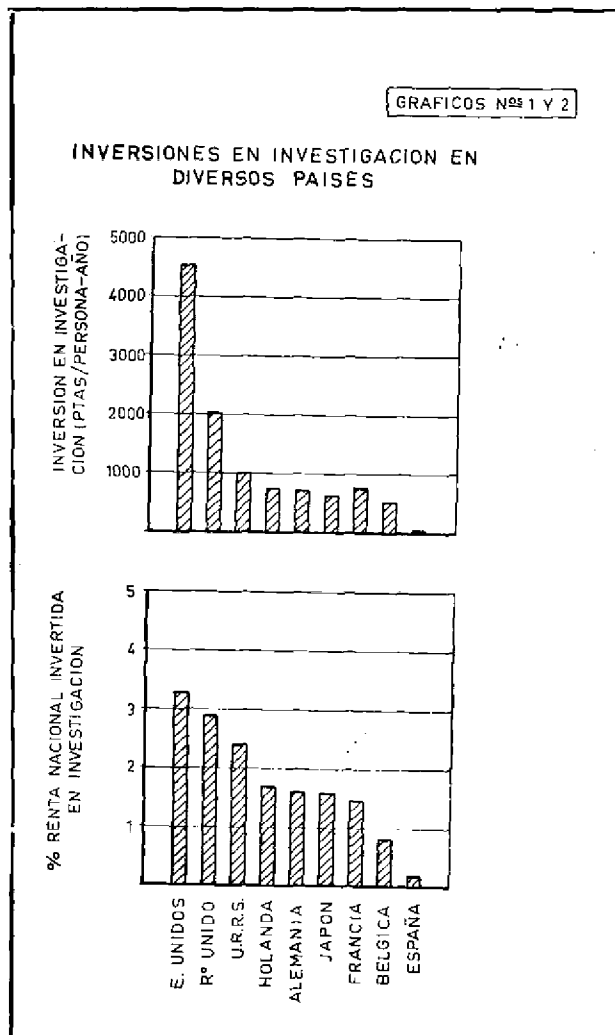
año dedican diversos países a la investigación (3), y en la figura 2 la reacción entre el dinero invertido en la investigación por habitante y la renta *per capita*, o lo que es lo mismo, el tanto por ciento de la renta nacional dedicado a la investigación.

Inmediatamente se observa que es notablemente escaso el esfuerzo investigador de nuestro país, tanto en cifras absolutas como en relativas. Se ha reconocido este hecho, y estamos en un momento en que el aumento de nuestro esfuerzo investigador es una preocupación de Gobierno, habiéndose previsto en el Plan de Desarrollo cifras importantes para aumentar las inversiones destinadas a la investigación. No obstante, este esfuerzo aún resultará escaso, pues se ha previsto que en cuatro años llegará a destinarse el 0,6 por 100 de la renta nacional a la investigación. Esta cifra es aún muy baja si se considera que se ha fijado (4) el 1 por 100 como el mínimo que debe aplicar un país en vías de desarrollo a la investigación.

Esto ya limita el alcance de nuestra posible investigación aeroespacial, puesto que las cifras que se dediquen a ella han de estar en proporción con las inversiones totales que el país dedique a la investigación.

Una vez fijado el capital que se dedica a la investigación, es fundamental decidir cómo debe distribuirse el mismo. Evidentemente, el problema es completamente diferente para países en diverso

(*) Jefe de la Sección de Motores de Reacción del I.N.T.A. y Catedrático de Propulsión Aérea y Espacial de la E.T.S.I.A.



grado de desarrollo. Este tema ha sido objeto de numerosos estudios (4, 5), y se ha llegado a la conclusión de que un país subdesarrollado debe dedicar la mayor parte de su esfuerzo investigador al desarrollo y aprovechamiento de su agricultura y recursos naturales; mientras que, por el contrario, en países altamente desarrollados, como los Estados Unidos y la mayoría de las Naciones de Europa occidental, la investigación aeroespacial debe ocupar y ocupa, como veremos, un lugar primordial.

2. Necesidad e importancia de la investigación aeroespacial.

La investigación aeroespacial constituye la base de la ciencia y de la técnica aeroespaciales. Por tanto, la importancia o necesidad de dicha investigación ha de analizarse en conjunto con la ciencia y técnica aeroespaciales.

La investigación, la ciencia y la técnica aeroespaciales son de capital importancia en el desarrollo científico y técnico de un país. Este hecho, reconocido en todo el mundo, se ha expresado diciendo que el mejor exponente del nivel técnico de un país es el de su tecnología aeroespacial.

La importancia de la ciencia y técnica aeroespaciales como fuentes del transporte aéreo (y en el futuro espacial) y como elementos básicos de poder militar, e incluso del prestigio internacional de las naciones, son demasiado evidentes para que sea necesario comentarlos. En cambio, otros aspectos, tales como el posible beneficio económico que pueda proporcionar el país o la influencia que la ciencia y técnica aeroespaciales ejercen en el desarrollo de numerosas ramas de la ciencia y de la técnica, necesitan una consideración adicional.

Es creencia muy extendida que la tecnología aeroespacial, aparte del beneficio indirecto que pueda producir por el desarrollo científico-técnico que promueva en el país, es una técnica en extremo onerosa, que implica la realización de un gran esfuerzo económico para los países que quieran mantenerse en primera fila. Esto, que en general es cierto, y muy especialmente en cuanto a las aplicaciones militares se refiere, en algunos sectores de la tecnología aeroespacial ocurre lo contrario, pudiendo representar una importante fuente de ingresos.

A este respecto, citaremos dos ejemplos característicos, que muestran, por una parte, la importancia de la investigación en la técnica aeronáutica, y por otra, la importancia comercial de algunos sectores de esta última.

A causa de sus investigaciones sobre motores de turbina, Inglaterra se encontró en los años inmediatamente anteriores a 1950 con un importante adelanto sobre las demás naciones en esta rama de la tecnología aeronáutica. Ello fué la causa de que durante la década de 1950 a 1960 sus exportaciones de motores de turbina y los beneficios obtenidos por venta de patentes y licencias de fabricación, ascendieran en conjunto a cerca de 30.000 millones de pesetas anuales, llegando a superar al valor económico de las exportaciones de whisky y de hilaturas de tejidos, que tradicionalmente habían constituido las principales fuentes de divisas para el país.

Esta superioridad ha ido desapareciendo poco a poco, a consecuencia de no ser suficientes las inversiones destinadas a la investigación, según es queja extendida entre los técnicos aeronáuticos ingleses.

El otro ejemplo se refiere a la venta de aviones

comerciales a las naciones europeas por parte de los Estados Unidos. Su superioridad tecnológica, especialmente en aviones de gran tamaño, le ha permitido mantener un nivel medio de exportaciones a Europa de los citados aviones por un valor de 80.000 millones de pesetas anuales.

Esta superioridad también va desapareciendo y se encuentra amenazada por las últimas realizaciones europeas, especialmente en el campo de los aviones comerciales de mediano y pequeño tamaño y en el de los futuros aviones supersónicos de transporte.

Aunque el esfuerzo investigador aeroespacial de los Estados Unidos es ingente, necesidades imperiosas de índole militar y política han motivado que las partidas destinadas a la aviación clásica no hayan sido suficientes en los últimos años, aunque en la actualidad, percatados del peligro económico que esto implica, se nota una fuerte tendencia a corregir este estado de cosas.

Se ha escrito y comentado mucho sobre la influencia que la investigación, la ciencia y la tecnología aeroespaciales ejercen en el desarrollo científico-técnico de un país, por el avance forzado que promueven en numerosas ciencias y tecnologías, así como por la creación de nuevos métodos y productos. Es bien conocido, por ejemplo, cómo ha impulsado la tecnología aeroespacial la Metalotecnia, especialmente en el desarrollo de aceros de alta resistencia, aleaciones resistentes al calor y aleaciones ligeras y ultra ligeras. Asimismo, el desarrollo de la electrónica ha sido promovido casi en su totalidad por la tecnología aeroespacial.

Por otra parte, la fabricación de precisión y el acabado de alta calidad han sido siempre distintivos de la producción aeronáutica, hasta tal punto que la alta calidad llegó a ser denominada "calidad aeronáutica".

Por primera vez se está efectuando un estudio sistemático de esta cuestión, el cual ha sido emprendido por el National Aeronautics and Aerospace Administration (N.A.S.A.) de los Estados Unidos. De la primera fase de este estudio ha sido encargado el Denver Research Institute, habiendo dado a conocer unos primeros resultados en un Report (9) publicado el pasado mes de septiembre.

El estudio, que se inició en 1961, trata de analizar la contribución de la tecnología aeroespacial al sector civil de la economía, basándose en la creación de productos directamente utilizables en la vida civil y en la transferencia de tecnologías. Este último aspecto, es con mucho, el más importante.

Se efectuó un estudio sistemático en los Estados Unidos, mediante entrevistas, y envío de más

de 3.500 cuestionarios a unas 200 firmas comerciales y centros de investigación. Se consideraron 40 amplias áreas tecnológicas, tales como: instrumentación, componentes electrónicos, sistemas de control, fuentes de potencia, propulsión, fabricación, materiales, tecnología médica, embalaje y transporte de mercancías, técnicas administrativas, etc., etc., incluyéndose dentro de cada una de ellas diversos sectores tecnológicos representativos. Se consideraron las siguientes seis principales contribuciones de la tecnología aeroespacial en cada una de las áreas citadas: estimulación de investigaciones básicas y aplicadas; desarrollo de nuevos procesos técnicos o mejora de los ya existentes; mejora de productos ya existentes; aumento de disponibilidad de materiales, equipos de prueba y equipos de laboratorio; desarrollo de nuevos productos y reducción de costes.

Un breve resumen del extenso informe se compendia en el cuadro número 1.

No es posible evaluar por ahora en cifras el valor económico que representa para el país el desarrollo que produce la ciencia y tecnología aeroespaciales, aunque ciertamente puede afirmarse que es fabuloso. Una de las principales dificultades que aparecen es que la tecnología aeroespacial es muy reciente, y siempre existe un lapso de tiempo muy considerable entre la aparición de una nueva técnica, el descubrimiento de un nuevo producto o la mejora de algo ya existente, y la aplicación comercial de los mismos. No obstante, es indudable que la tecnología aeroespacial y sobre todo su investigación, producen beneficios enormes al país que los desarrolla, que en muchos casos superan con creces las inversiones que les fueron inicialmente aplicadas.

3. Proporción de las inversiones destinadas a la investigación aeroespacial.

El volumen económico de la investigación aeroespacial y la proporción de las sumas invertidas en la misma, en comparación con las sumas totales destinadas a la investigación, son realmente impresionantes en los países de mayor poder económico.

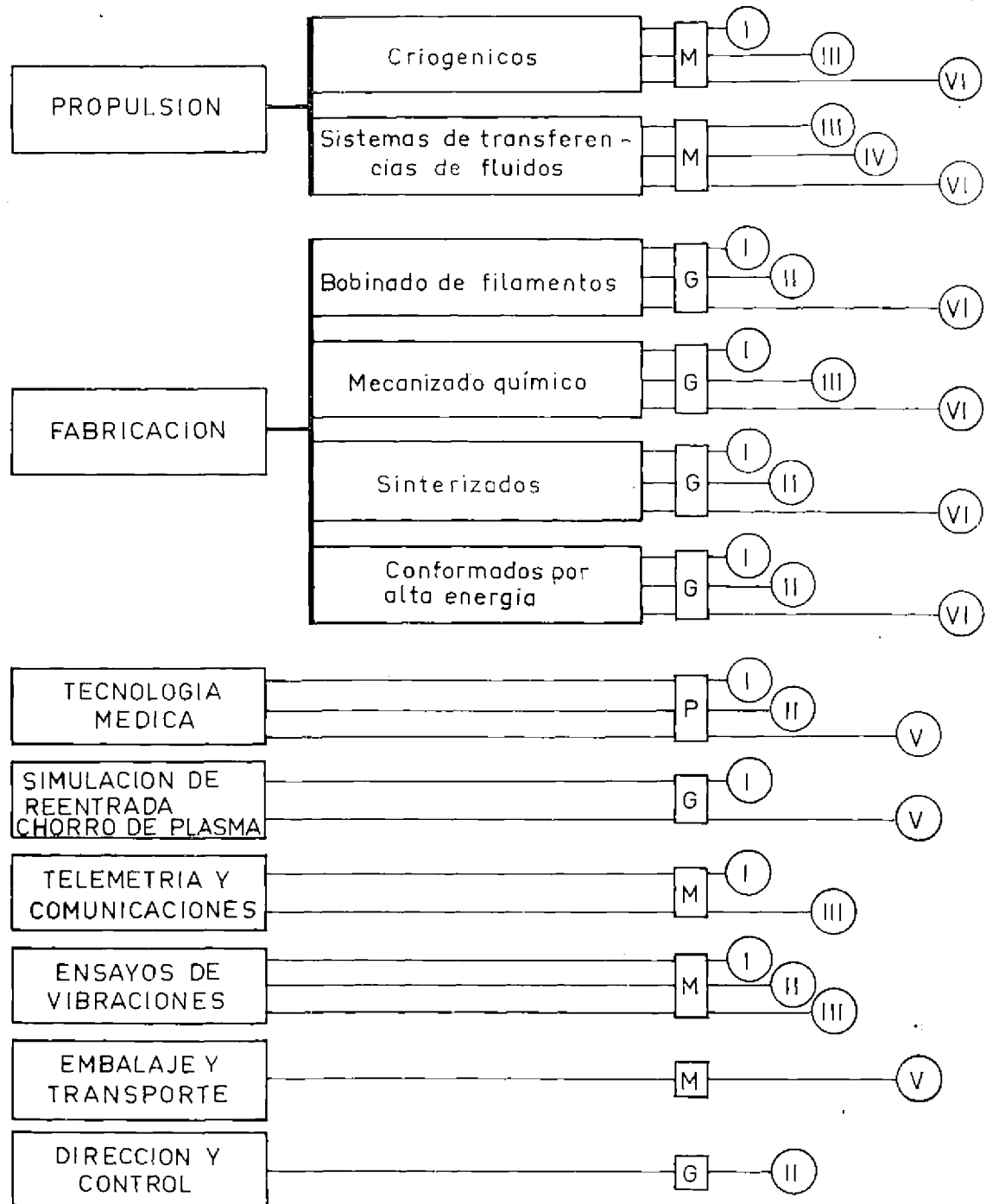
De los 15.000 millones de dólares que los Estados Unidos dedicaron a la investigación en 1962, más de la mitad fueron destinados a la investigación aeroespacial, sobrepasando el presupuesto actual del N.A.S.A. los 5.000 millones de dólares.

Según fuentes de información de los Estados Unidos el esfuerzo investigador de la U.R.S.S. en el campo aeroespacial es aún mayor, al menos

CUADRO Nº 1
(Continuación 1)

CAMPO DE LA TECNOLOGIA

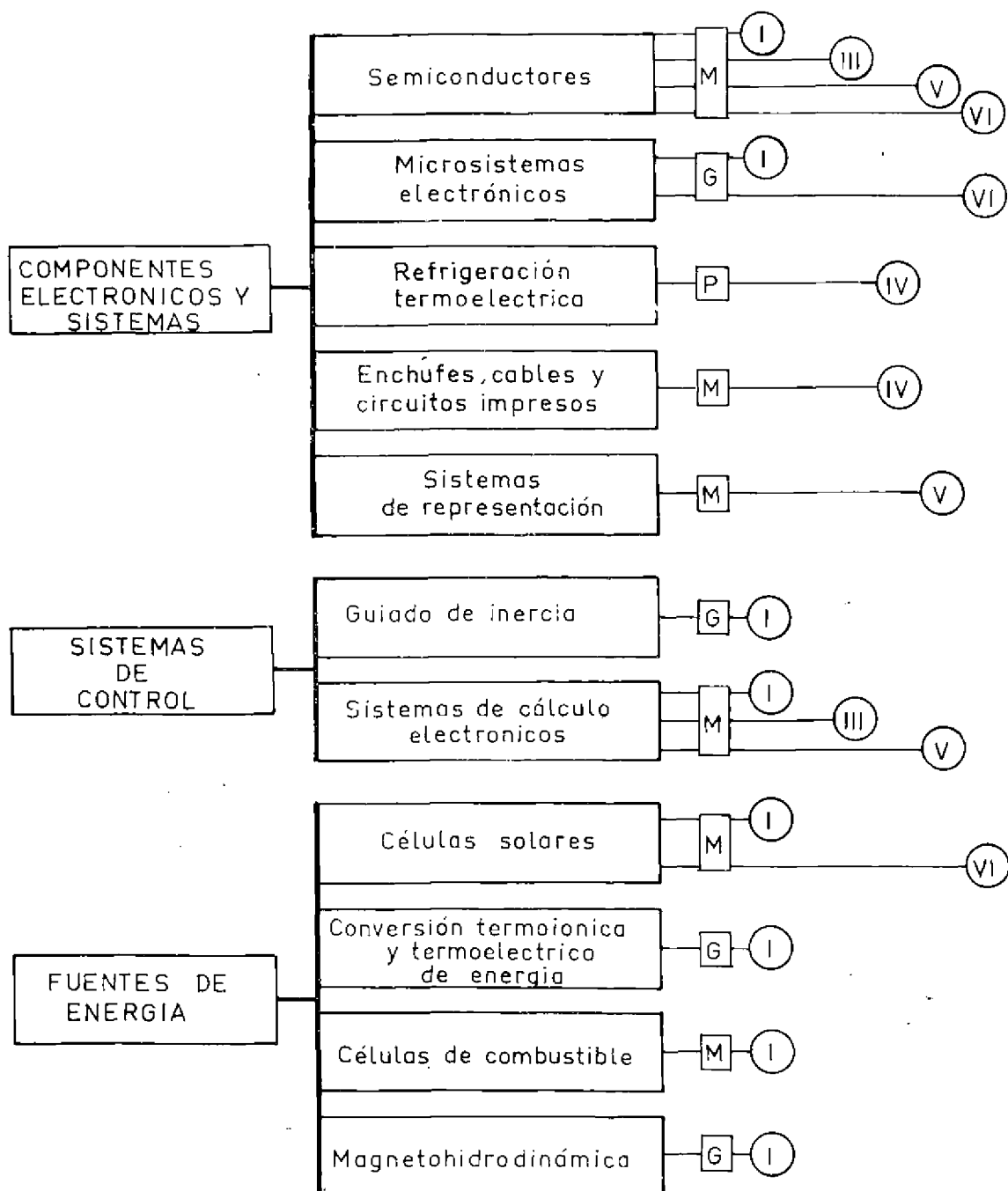
TIPOS DOMINANTES
DE CONTRIBUCION
IDENTIFICADA



CUADRO Nº 1
(Continuación 2)

CAMPO DE LA TECNOLOGIA

TIPOS DOMINANTES
DE CONTRIBUCION
IDENTIFICADA



relativamente ya que se ha estimado que dedican cifras del orden del 70 por 100 de sus presupuestos de investigacion al tema aeroespacial

Podria aiguirse que los Estados Unidos y la URSS constituyen casos extremos ya que se trata de dos colosos que luchan por la superioridad militar y por la hegemonia tecnologica mundial. Pero no son solamente estos dos paises quienes dedican sumas ingentes a la investigacion aeroespacial sino que todos los paises industriales o que aspiran a serlo realizan un enorme esfuerzo investigador para mantener en primera fila su tecnologia aeroespacial. Pudieran citarse numerosos datos y cifras de diversos paises europeos pero estimamos que el caso de Italia es el de mayor interes para nosotros. Este pais tiene una renta nacional solamente del orden del doble que la nuestra y cientifica y tecnicamente estamos mucho mas proximos a el que a Francia o a Inglaterra pudiendo considerarse en ciertos aspectos como una meta para nosotros.

Italia cuenta con 52 centros (fabricas y laboratorios) dedicados totalmente o en parte a la ciencia y tecnologia aeroespaciales.

No disponemos de datos completos sobre los programas de investigacion que se llevan a cabo en dichos centros especialmente de los de investigacion basica pero la informacion de que se dispone es suficiente para juzgar del importante volumen que esta investigacion ha tomado sobre todo si se la compara con la de nuestro pais.

Por su volumen economico destacan especialmente los programas de investigacion aplicada sobre despegue vertical y despegue corto (VTOL y STOL) que se llevan a cabo en la FIAT y en otros centros estando en desarrollo tres aviones experimentales de despegue vertical y un avion de transporte de despegue corto.

En misiles se trabaja en diez centros () estando en desarrollo el programa cooperativo del Hawk diversos estudios sobre cohetes ionosfericos investigaciones sobre cohetes de sondeo de dos escalones utilizando propulsores solidos y desarrollo de misiles tierra-aire y tierra-tierra.

Destacan tambien en Italia las investigaciones sobre Electronica en relacion con problemas aeroespaciales que se llevan a cabo en diversos centros () desarrollandose programas sobre guiado satelites y telecomunicaciones.

(*) Immeccanica OMI Bombini Parodi Delfino Breda Meccanica Elettronica Sicula Oto Melara Piorelli Sispac Cespac Telespazio y otras.

(**) FIAT (Caselle) Contraves Italiana Olivetti Telespazio y otras.

Por ultimo señalemos las investigaciones que se llevan a cabo sobre aerofisica y astrofisica.

Este esfuerzo investigador esta respaldado por una industria aeronautica que actualmente tiene en proyecto o desarrollo nueve aviones prototipos (Fiat G-91 T4 G-95 4 y G-222 Agusta Transporte VTOL Macchi MB-326C y MB-330 Nardi-Marchetti FN-333 Piaggio P-166B y PD 808) tres helicopteros dos motores de reaccion pequenos y diversos misiles. Ademas fabrica bajo licencia o de proyecto propio ocho tipos de aviones seis de helicopteros y siete tipos de motores alternativos y de reaccion.

En cuanto al volumen economico de esta produccion basta citar que la facturacion aeronautica de la FIAT en 1961 ascendio a los 1 650 millones de pesetas.

Esta investigacion y tecnologia aeroespaciales de volumen muy apreciable no les parece suficiente en manera alguna a los italianos existiendo ambiciosos planes de desarrollo para incrementar su nivel de investigacion y de produccion aeroespacial mediante la creacion de nuevos centros en la zona meridional del pais.

Este ejemplo de Italia es aleccionador pues constituye un indice comparativo razonable para nosotros ya que como dijimos su poder economico no es muy superior al doble del nuestro. En cambio estamos a enorme distancia de dicho pais en ciencia y tecnologia aeroespaciales y el esfuerzo economico que España dedica a la investigacion aeroespacial y a la tecnica aeronautica no admite comparacion con el de Italia. Lo malo es que hay una opinion bastante extendida de que las cosas deben ser asi es decir que España no puede permitirse el lujo de poseer una investigacion aeroespacial y una tecnologia aeronautica propia.

No se comprende facilmente esta actitud que no puede justificarse como no sea por ignorancia, ya que es contraria a la tendencia actual en todos los paises de elevado nivel tecnico o que aspiran a tenerlo.

Voy a permitirme desviarme por un momento del tema de la conferencia para comentar un hecho que juzgo de la mayor importancia. Creo que la falta de fe en la tecnica aeronautica no es privativo de ella sino que no es mas que una faceta aunque fuertemente acentuada del panorama tecnico nacional.

En general el pais no cree en la tecnica española y las industrias salvo contadas y honrosas excepciones carecen de tecnica propia.

Estamos asistiendo a un notable crecimiento industrial realizado fundamentalmente a base de licencias. Esto constituye un paso obligado en el

desarrollo industrial de un país, pero debe ir acompañado de un fomento paralelo de la técnica propia. Es la única manera de evitar que se caiga en el colonialismo económico y de ahorrar las sumas ingentes que nuestro país paga por derecho de licencias y patentes que se ha estimado que son superiores al presupuesto nacional.

El problema es doble. Por un lado, las industrias no creen que los técnicos españoles vayan a resolverle sus problemas, y por otra parte, su interés radica en la obtención de beneficios a corto plazo, y no en el desarrollo de una técnica cuyos beneficios sólo se lograrían a muy largo plazo, representando de momento nada más que una carga económica.

Esta cuestión la juzgamos de la mayor importancia para nuestro porvenir tecnológico y para la economía del país. Una posible solución sería que el Gobierno fomentase, mediante subvenciones o reducción de impuestos, la creación de oficinas técnicas de proyecto en las empresas de importancia nacional, pudiendo incluso obligar a las empresas a que dedicasen parte de sus beneficios al sostenimiento de dichas oficinas técnicas.

Estamos de acuerdo en que hay que elevar el nivel de nuestros técnicos, pero también hay que crear una demanda de los mismos, la que por ahora no existe. Basta leer los anuncios de los periódicos para comprobar que no se solicita jamás, no ya un investigador, sino ni siquiera ingenieros proyectistas, pues todas las demandas se centran en los departamentos comerciales y administrativos y de producción.

Terminaría este párrafo comentando que es bien poco halagador para la técnica española el que un eficaz elemento de propaganda sea el anunciar que un producto es importado o al menos fabricado bajo licencia de alguna importante firma extranjera.

Volviendo de nuevo al tema de la investigación aeroespacial, quiero terminar esta parte de la conferencia afirmando que España puede y debe aspirar a contar con una ciencia y técnica aeroespaciales que estén en consonancia con su renta nacional y con sus inversiones en los demás campos de la investigación.

4. La investigación aeroespacial en el INTA. **Grupo de Investigación sobre materiales**

Toda la investigación aeroespacial que se lleva a cabo en España está concentrada en el Instituto Nacional de Técnica Aeronáutica "Esteban Terra-

das". En la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos, igual a como en general acontece en las demás Escuelas de Ingenieros, no se desarrollan actualmente planes de investigación, aunque sería muy de desear que se iniciasen cuanto antes.

Tampoco tenemos noticia de que haya en el país otros grupos o personas dedicados a la investigación aeroespacial.

En el INTA, por la gran diversidad de misiones que ha de llevar a cabo, y por razones de tipo económico, dedica solamente una pequeña parte de su esfuerzo y presupuesto a la investigación.

Aparte de posibles investigaciones individuales de tipo esporádico, en el INTA únicamente existen dos grupos de trabajo que hayan desarrollado sistemáticamente programas de investigación. Nos referimos al Grupo de Investigación sobre materiales aeroespaciales y al Grupo de Investigación sobre Aerotermoquímica o Combustión. Estos Grupos han realizado, y están realizando, una labor muy estimable de investigación y uno de los principales objetivos de esta conferencia es exponer un breve resumen de su labor.

El Grupo de Investigación sobre Materiales Aeroespaciales inició sus programas de investigación en 1950. Fue fundado y dirigido por el entonces Director del Departamento de Materiales, y hoy Presidente del Patronato del Instituto, Excelentísimo Sr. General Ingeniero Aeronáutico don Rafael Calvo Rodés.

La labor de este grupo de trabajo, en el que han colaborado 17 investigadores, ha sido verdaderamente excepcional por su calidad, importancia y extensión, sobre todo considerando el muy pequeño desembolso económico que esta labor ha llevado consigo.

A continuación expondremos un breve resumen de sus trabajos de investigación, mediante datos que amablemente nos han sido facilitados por el citado grupo investigador.

Se divide la investigación llevada a cabo en dos grandes grupos:

- A) Investigación básica y aplicada.
- B) Investigación de desarrollo y evaluación.

A) INVESTIGACIÓN BÁSICA Y APLICADA.

Desde el año 1950 han sido realizados en los Laboratorios de Materiales Metálicos del INTA unos 200 trabajos de investigación básica y aplicada (cuadro núm. 2). Exponemos seguidamente, de una manera resumida, las investigaciones más importantes que sobre materiales aeroespaciales se han efectuado desde la indicada fecha en dichos

CUADRO Nº 2

AREAS DE TRABAJO EN LAS QUE SE HAN REALIZADO INVESTIGACIONES BASICAS Y APLICADAS
SOBRE MATERIALES AEROESPACIALES EN LOS LABORATORIOS DE MATERIALES METALICOS
DEL I.N.T.A

1 INFLUENCIA DEL ESTADO FISICOQUIMICO DE LAS ALEACIONES EN LA EMISION ESPECTRAL. METODOS DE ANALISIS	2 INVESTIGACION DE CONSTITUYENTES POR METODOS DE LA METALOGRAFIA CLASICA Y A ELEVADAS TEMPERATURAS	3 ESTUDIO DE PRECIPITADOS Y ESTRUCTU- RAS POR MICROSCOPIA Y DIFRACCION ELECTRONICA.
4 DEFORMACION DE REDES METALICAS Y SU ESTUDIO POR TECNICAS DE DIFRACCION DE RAYOS X.	5 INVESTIGACION DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES MEDIANTE TECNICAS NO DESTRUCTIVAS.	6 CORROSION Y PROTECCION METALI- CA CONTRA LA MISMA.
7 FRAGILIDAD DE CONTRACCION DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO.	8 ACEROS DE MUY ALTA RESISTENCIA	9 INVESTIGACIONES SOBRE EL TRATA- MIENTO TERMICO DE LAS ALEACIO- NES DE ALUMINIO.
10 TIPIFICACION RACIONAL DE ACE- ROS DE RESISTENCIA.	11 INFLUENCIA DE LOS TRATAMIENTOS EN LAS PROPIEDADES DE LAS ALEACIONES LIGERAS.	12 INVESTIGACIONES SOBRE ACEROS DE SUSTITUCION.
13 ENDURECIMIENTO SUPERFICIAL POR TRATAMIENTOS DE DIFUSION.	14 ALEACIONES DE MAGNESIO PARA MOLDEO.	15 ACEROS INOXIDABLES Y ALEACIONES REFRACTARIAS
16 MAQUINABILIDAD DE ACEROS.	17 ACEROS DE CEMENTACION	18 FATIGA Y DESGASTE DE MATE- RIALES METALICOS.

Laboratorios. Se han agrupado las investigaciones en áreas o zonas de trabajo con objeto de dar una idea más amplia del alcance de la labor realizada, y dentro de cada zona se ha procurado indicar los aspectos más sobresalientes que han sido considerados.

1." *Influencia del estado fisicoquímico de las aleaciones en la emisión espectral. Métodos de análisis.*

Se han realizado trabajos en diversas aleaciones y tipos de estructuras llegando incluso al automatismo en las técnicas utilizadas. Por otro lado se han desarrollado nuevos métodos de análisis de materiales metálicos.

2." *Investigación de constituyentes por métodos de la metalografía clásica y a elevadas temperaturas.*

Se han efectuado investigaciones, por técnicas de metalografía clásica, en diversas aleaciones de empleo industrial. Con las técnicas de observación estructural a elevadas temperaturas se han investigado los procesos de formación de eutécticas en aleaciones de aluminio, la formación de carbono de recocido en las fundiciones maleables, etc., abriendo nuevas bases científicas en el tratamiento térmico y procesos metalúrgicos de aleaciones.

3." *Estudio de precipitados y estructuras por microscopía y difracción electrónica.*

Mediante técnicas de difracción y microscopía electrónica se han estudiado la descomposición térmica de la martensita que ha permitido dilucidar fenómenos tan importantes como el de fragilidad de los revenidos bajos en aceros, la precipitación en los procesos de maduración de las aleaciones ligeras, la influencia del silicio en el revenido de los aceros, etc.

Para poder abordar en este campo muchos de los trabajos de investigación ha sido preciso trabajar con técnicas especiales para la obtención directa de réplicas por vaporización de C en alto vacío.

4." *Deformación de redes metálicas y su estudio por técnicas de difracción de Rayos X.*

Con técnicas de difracción de Rayos X se han abordado trabajos de investigación en el campo de la deformación y tensiones de redes metálicas que

han aportado conocimientos básicos en el comportamiento termomecánico de los metales.

5." *Investigación de la calidad de los materiales mediante técnicas no destructivas.*

Mediante técnicas no destructivas y muy especialmente las ultrasónicas se han efectuado trabajos de investigación en multitud de problemas de calidad metalúrgica.

6." *Corrosión y protección metálica contra la misma.*

En este área de trabajo se han efectuado investigaciones encaminadas a estudiar la influencia de las picaduras de corrosión en las características de fatiga de las aleaciones de aluminio, asimismo se ha estudiado la difusión del cobre en las aleaciones tipo duraluminio plaqueadas resistentes a la corrosión, se ha investigado y puesto a punto procesos de cromizado de aceros, y se han efectuado trabajos sobre comportamiento de aleaciones a diversos medios corrosivos.

7." *Fragilidad de contracción de las aleaciones de aluminio.*

Se ha estudiado el fenómeno de fragilidad en caliente en diversos sistemas binarios, ternarios y cuaternarios de aleaciones de aluminio de pureza comercial, y se han trazado los diagramas de agrietabilidad de los mismos de gran utilidad en los procesos de moldeo y soldadura de dichas aleaciones.

8." *Aceros de muy alta resistencia.*

La urgente demanda por parte de la tecnología moderna, y muy especialmente de la aeroespacial, de materiales con relaciones resistencia/peso específico muy elevadas, ha originado en estos últimos años multitud de esfuerzos encaminados a desarrollar aceros de muy alta resistencia con los cuales satisfacer las citadas exigencias. En este orden de ideas, en los Laboratorios de Materiales Metálicos del INTA se han desarrollado trabajos de investigación en los cuales se han efectuado estudios básicos del proceso de descomposición térmica de la martensita, así como investigaciones sobre el comportamiento de aceros de baja aleación, al W y racionales con porcentajes de silicio normal y elevado. Asimismo se ha investigado en el campo de los aceros de matricería para utilizar a elevadas temperaturas.

9." *Investigaciones sobre el tratamiento térmico de las aleaciones de aluminio.*

Se ha investigado en este área de trabajo por medio de técnicas metalográficas, dilatométricas y mecánicas el estudio de las eutécticas de más bajo punto de fusión de diversas aleaciones comerciales fijando las posibles zonas de temperaturas útiles para el tratamiento térmico, con objeto de evitar el quemado de las mismas.

10. *Tipificación racional de aceros de resistencia.*

Se ha fijado y comprobado experimentalmente una doctrina que regula el comportamiento y empleo de los aceros de resistencia de baja aleación. La consecuencia más importante a que se ha llegado en el desarrollo de estos trabajos es que un acero puede definirse por unos parámetros, o "cifras clave", de tal naturaleza que dos aceros gozarán de idénticas propiedades cuando dichos parámetros sean iguales. En principio, puede parecer que esta igualdad de propiedades sólo es posible si ambos aceros poseen la misma composición química. Sin embargo, no sucede así, y podemos muy bien obtener aceros de composiciones químicas distintas y propiedades análogas si se cumple que sus "cifras clave" son iguales.

Dichas "cifras clave", así como otras características del acero, pueden calcularse a partir de su composición, y para facilitar su obtención se han proyectado y fabricado dos calculadores, los cuales encuentran gran aplicación en el campo metalúrgico.

Entre las múltiples aplicaciones que se deducen de la doctrina establecida en estos trabajos, pueden citarse las siguientes: Determinar las propiedades de los aceros. Fijar la composición de un acero que cubra un margen de necesidades mecánicas y dimensionales deseado. Clasificar los aceros y resolver los problemas de sustitución y equivalencia de los mismos. Establecer una *tipificación racional de aceros* que cubra toda la gama de necesidades con un número reducido de tipos y mínimo gasto de elementos aleantes.

Por último, permite realizar una *tipificación universal* si se caracterizan los aceros por sus "cifras claves" en lugar de sus composiciones. Cada país podría tener sus propios tipos de aceros aleados con aquellos elementos de más fácil suministro o cuyas técnicas de fabricación les sean más familiares, pero siempre cumpliendo el programa de "cifras clave" que se fijarán en la tipificación universal. De este modo, el problema de equivalencias de todos los aceros que cumpliesen dicha tipificación estaría totalmente resuelto.

11. *Influencia de los tratamientos en las propiedades de las aleaciones ligeras.*

Los trabajos de investigación en este área, han tenido por objeto estudiar la variación que experimentan las propiedades de diversas aleaciones de aluminio al ser sometidas a distintos procesos de tratamiento térmico, o bien a procesos de deformación mecánica y posterior recocido de ablandamiento.

12. *Investigación sobre aceros de sustitución.*

Las investigaciones en este área, han consistido en estudiar la influencia que en las propiedades de los aceros de baja aleación ejerce la sustitución del molibdeno por el volframio.

13. *Endurecimiento superficial por tratamiento de difusión.*

Los trabajos efectuados sobre este tema han versado sobre nitruración y cementación. En nitruración, se ha investigado sobre el comportamiento de aceros de resistencia no típicos para este tipo de proceso, habiendo llegado a fijar las condiciones de trabajo óptimos para dichos aceros. En cementación se han estudiado los parámetros que regulan el comportamiento de los cementantes, así como los ensayos no destructivos.

14. *Aleaciones de magnesio para moldeo.*

En este área de trabajo se han estudiado las posibilidades de las modernas aleaciones de magnesio-zirconio, así como los fenómenos de microdefectos en las aleaciones de magnesio clásicas por medio de técnicas radiográficas y metalográficas.

15. *Aceros inoxidables y aleaciones refractarias.*

En las investigaciones sobre aceros inoxidables se han abordado problemas de soldadura, así como estabilización para aceros a utilizar a elevadas temperaturas. En el campo de las aleaciones refractarias se han estudiado las propiedades de las modernas aleaciones de titanio y de aquellos materiales metálicos aptos para trabajar a altas temperaturas, habiéndose fijado en ellos sus posibilidades futuras teniendo en cuenta el desarrollo que se prevé de la tecnología aeroespacial.

16. *Maquinabilidad de aceros.*

Las investigaciones sobre maquinabilidad de aceros se han desarrollado fundamentalmente en

los tipos con plomo que ofrecen inmejorables ventajas prácticas.

17. Aceros de cementación.

Se han efectuado investigaciones fundamentales en este área de trabajo con vistas a fijar los parámetros básicos que definen un acero de cementación y regulan su comportamiento en el proceso

18. Fatiga y desgaste de materiales metálicos.

En este área de trabajo se ha investigado sobre la influencia de las microestructuras en la fatiga de aceros, así como en la fatiga de aleaciones ligeras con picaduras de corrosión, e influencia de depósitos electrólitos en la fatiga de aceros de alta resistencia. Se han estudiado, asimismo, los problemas de desgaste y del ludimiento de superficies metálicas.

B) INVESTIGACIÓN DE DESARROLLO Y EVALUACIÓN.

En el campo de la investigación de desarrollo y evaluación se han efectuado multitud de trabajos de investigación que en muchos casos fueron la realización práctica de problemas cuyo conocimiento fué dado por las investigaciones básicas y aplicadas. Sin embargo, es importante destacar, por otro lado, que muchas de las investigaciones básicas y aplicadas nacieron por la necesidad de aumentar el conocimiento en materias que planteó la industria aeronáutica como un problema de desarrollo.

Como es lógico, las investigaciones de desarrollo y evaluación han tenido una gran proyección en otras tecnologías ajenas a la aeronáutica, por lo que en este campo de la investigación nuestros trabajos se han extendido a toda la industria nacional (véase gráfico 3).

En este orden de ideas se han realizado en este campo de la investigación desde el año 1950 unos 800 trabajos de desarrollo y evaluación. Estos trabajos pueden agruparse del siguiente modo (véase cuadro núm. 3): Estudio de fallos mecánicos, problemas de corrosión, dificultades en procesos, empleo de materiales y calidad metalúrgica.

Para juzgar la calidad de los trabajos de este grupo basta mostrar el gráfico 4. En él están reseñados en forma acumulativa el número de trabajos de investigación efectuados y los premios y menciones honoríficas que han sido obtenidos colectivamente por el grupo investigador o por individuos del mismo: Un premio, Francisco Franco; dos premios, Juan de la Cierva; un pre-

mio, Vigón; tres premios y dos accesits, Torrado Varela; un premio de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; un premio del Instituto de la Soldadura; dos premios y dos menciones honoríficas del Instituto del Hierro y del Acero y una ayuda y 8 becas de la Fundación Juan March. Esto, ciertamente constituye una marca por completo excepcional.

Por otra parte, es un hecho que este grupo investigador ha ejercido una notable influencia en todo el ámbito de la metalurgia española. Mediante colaboración o resolución de problemas ha establecido contacto con todas las industrias aeronáuticas españolas y con 119 empresas, laboratorios y centros de trabajo.

Podríamos terminar aquí diciendo que en este caso se ha cumplido uno de los fines clásicos de la técnica aeroespacial: Marchar a la cabeza e impulsar el desarrollo metalúrgico de un país.

5. Grupo de investigación sobre Aerotermoquímica (Combustión).

Otro grupo de trabajo existe en el INTA, que viene desarrollando desde hace unos diez años programas de investigación sobre Aerotermoquímica, principalmente en su rama de la combustión. Estos trabajos se han venido llevando a cabo mediante contratos de investigación con la Office of Aerospace Research de las Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos, y últimamente, también mediante contrato, con el Forest Fire Research Service de los Estados Unidos.

Este grupo fué fundado y dirigido hasta fecha reciente por nuestro compañero Gregorio Millán. Asimismo, no podemos dejar de recordar la valiosa ayuda que prestó para la creación del grupo el fallecido profesor Von Kármán, quien después se mantuvo en contacto, muy frecuentemente, con los trabajos de investigación que se llevaban a cabo.

Expondremos a continuación, muy brevemente, en qué consiste la Aerotermoquímica (*). Esta nueva Ciencia estudia los procesos flúidodinámicos cuando cambia en ellos la composición del flúido; resultando, pues, de la interacción de la Mecánica de flúidos y de la Química, ciencias que tradicionalmente se habían mantenido separadas. Nace esta Ciencia a causa del advenimiento de las velocidades hipersónicas y por el estudio científico de los procesos de combustión, en forma análoga a como las grandes velocidades y los consiguientes efectos de compresibilidad dieron nacimiento a la Aerodinámica, que consiste en la interacción y estudio

(*) Esta denominación se debe al Profesor Von Kármán.

AREAS DE TRABAJO EN LAS QUE SE HAN REALIZADO INVESTIGACIONES DE DESARROLLO Y
EVALUACION SOBRE MATERIALES AEROSPAZIALES EN LOS LABORATORIOS DE MATERIALES
METALICOS DEL I.N.T.A.

ESTUDIOS DE FALLOS
MECANICOS

PROBLEMAS DE CORROSION

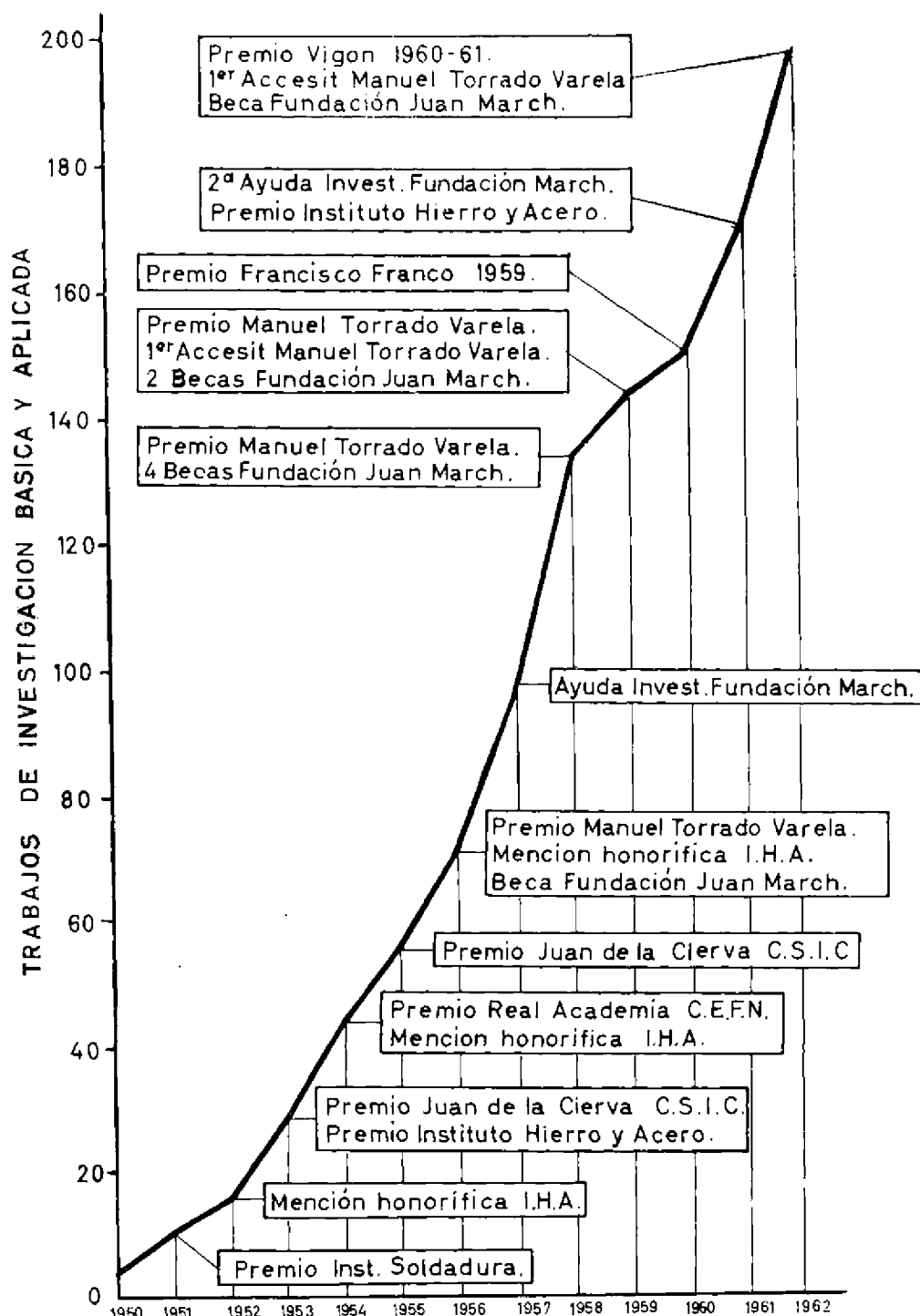
DIFICULTADES EN PROCESOS

EMPLEO DE MATERIALES

CALIDAD METALURGICA

GRAFICO N° 4

RESUMEN ACUMULATIVO DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACION BASICA Y APLICADA REALIZADOS EN LOS LABORATORIOS DE MATERIALES METALICOS DEL I.N.T.A. EN EL PERIODO 1950-1962



combinado de procesos termodinámicos y fluido-mecánicos, que también anteriormente se habrían estudiado por separado.

La rama de la Química que interviene en la Aeroterموquímica es la Cinética Química, que estudia cómo se producen y a qué velocidad se desarrollan las reacciones químicas.

Esta nueva ciencia es en extremo compleja, y no está más que en sus comienzos. Una reacción química clásica, tal como la del oxígeno e hidrógeno para formar agua, es el resultado de siete reacciones elementales, procediendo cada una con velocidades diferentes. Estas velocidades de combustión dependen de las concentraciones de las especies químicas, y son función exponencial de la temperatura.

La Cinética Química juega un papel esencial en todo proceso en el que el tiempo necesario para los cambios de composición es del mismo orden de magnitud que el tiempo mecánico necesario para la evolución del fluido. Por el contrario, si dicho tiempo es muy grande comparado con el tiempo mecánico, el fluido no cambia apenas de composición, y en el caso opuesto, el fluido se encuentra siempre en equilibrio químico, interviniendo en el proceso la Química, pero no la Cinética Química. Por ejemplo, en un motor cohete, el fluido cambiará mucho o poco de composición en su movimiento a través de la tobera según que el tiempo químico necesario para las reacciones de recombinación sea pequeño o grande comparado con el tiempo empleado por el fluido en recorrer la tobera.

Las ecuaciones generales de la Aeroterموquímica son en extremo complicadas. Al existir cambios de composición existen fenómenos de difusión, interviniendo las leyes características de estos procesos en la formulación de los problemas de Aeroterموquímica. Por otra parte, existe una ecuación de continuidad por cada especie química, interviniendo en ellas las velocidades de reacción. La ecuación de la energía es más complicada que la tradicional de la Mecánica de Flúidos y todo esto se complica aún más al considerar que los coeficientes característicos de los fenómenos de transporte: Conductividad técnica, coeficientes de difusión y coeficiente de viscosidad, dependen de la composición del fluido. Por todo ello, los problemas aeroterموquímicos son de muy difícil solución.

Existen dos campos típicos del dominio de la Aeroterموquímica. Uno de ellos es la combustión de flúidos en movimiento; proceso característico de los turborreactores y motores cohete. El otro campo es la aerodinámica hipersónica, en la que, debido a las elevadas temperaturas que alcanza el aire al chocar contra un cuerpo, se producen fenómenos de

disociación, especialmente del oxígeno, que cambian la composición del aire e influyen en gran manera en los procesos.

El grupo de combustión ha tenido una proyección netamente exterior, ya que ha estado siempre subvencionado por organizaciones americanas y sus trabajos han sido publicados casi totalmente fuera de España. Por otra parte, estos trabajos no están relacionados con ningún otro programa de investigación nacional ni sus resultados son directamente aplicables en nuestro país. Esta proyección exterior puede tener la ventaja de que ha servido para que nuestro país, y en particular el INTA, se hayan visto representados en numerosos Congresos, Universidades y Centros de trabajo del extranjero. Por otra parte, también hay que considerar la ventaja económica de existir una subvención extranacional.

En el balance negativo hay que contar que la existencia de una subvención extranjera y la no proyección nacional de los trabajos de investigación ponen en peligro la continuidad de los mismos, que pudieran dejar de existir si algún día por cualquier razón (política por ejemplo) faltase la ayuda exterior. Creemos que este clima, de no estar asegurada la continuidad, perjudica la labor del grupo.

En el cuadro núm. 4 se resumen los trabajos que ha realizado el grupo, junto con los contratos bajo los que han sido llevados a cabo.

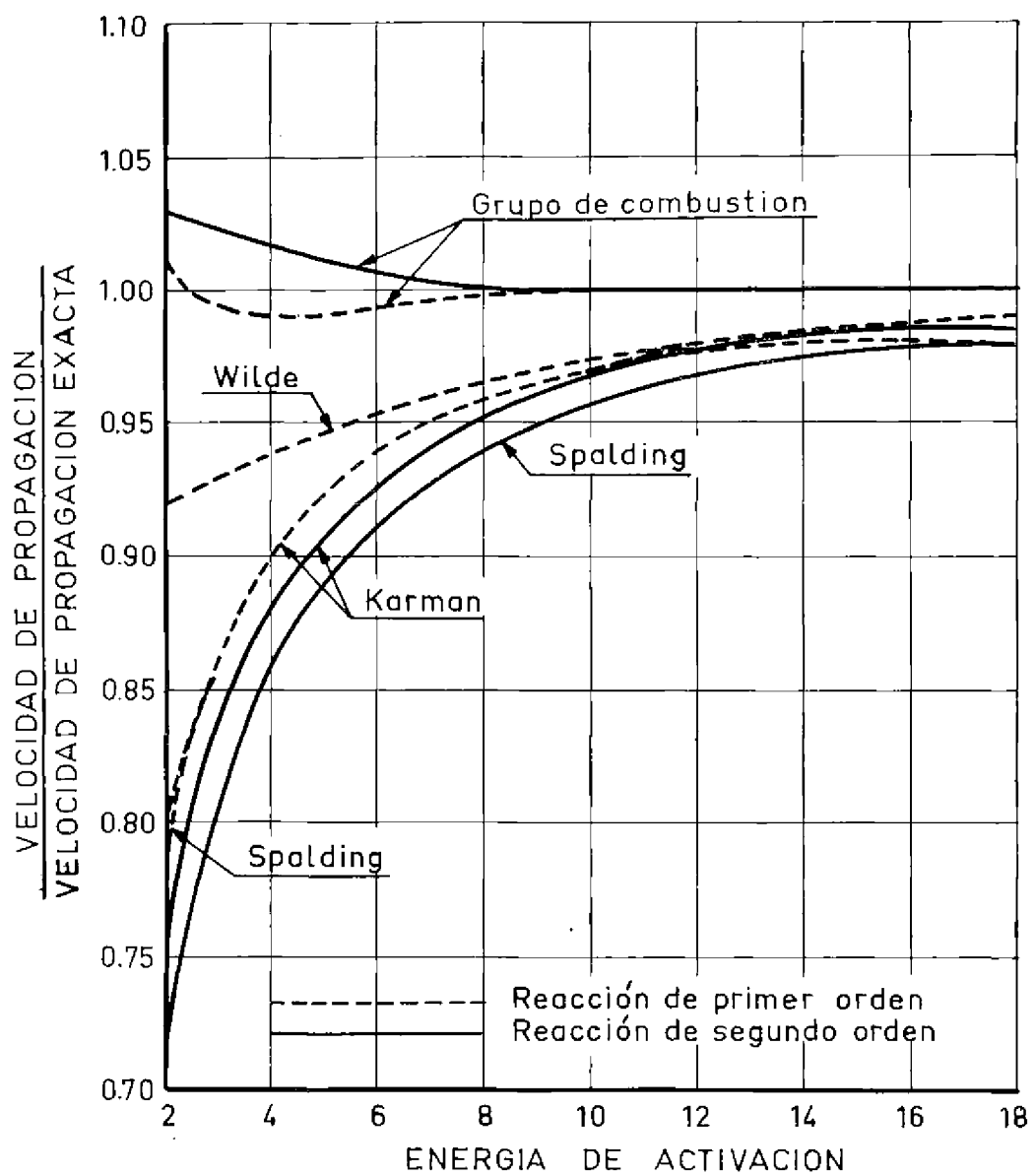
Ya que estos trabajos de investigación son muy numerosos y extensos, en vez de tratar de explicar la labor realizada en todos ellos se ha preferido seleccionar cuatro problemas típicos de índole diversa, para que puedan servir como ejemplo de la clase de problemas que ha resuelto el grupo y de las contribuciones que ha logrado en el campo de la Aeroterموquímica.

5. a. Velocidad de propagación de una llama.

El avance de una llama en una mezcla gaseosa combustible viene gobernado por una serie de procesos tales como la liberación de calor por las reacciones químicas de combustión, el tiempo necesario para que estas reacciones se realicen, el transporte de calor de la llama a los gases frescos y por los fenómenos de difusión de gases y productos de la combustión. El balance que se establece entre estos procesos es lo que determina la velocidad de propagación.

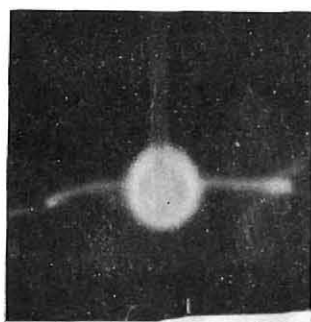
El cálculo de esta velocidad de propagación en corriente unidimensional y laminar es uno de los problemas básicos de la combustión. Al estudio teórico de este problema dedicó una gran parte de su esfuerzo el grupo de combustión, habiendo logrado importantes contribuciones en la resolución del mismo.

GRAFICO N° 5



COMBUSTION DE ACIDO NITRICO EN ATMOSFERA DE HIDROGENO

GRAFICO N°6



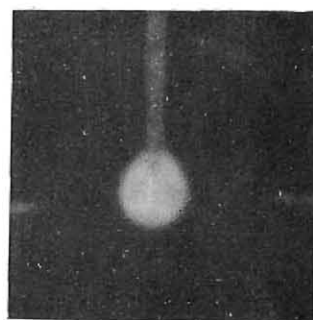
$t \approx 0$



$t = \frac{1}{12} \text{ seg.}$



$t = \frac{2}{12} \text{ seg.}$



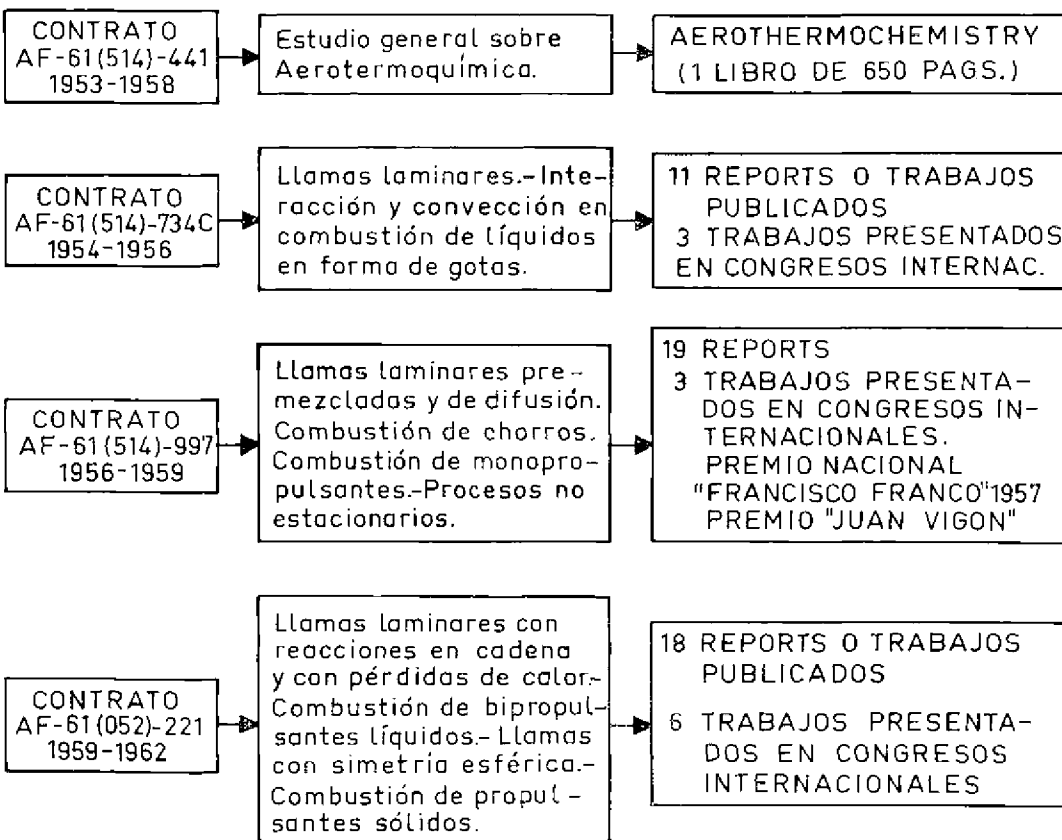
$t = \frac{3}{12} \text{ seg.}$

RESUMEN TRABAJOS DE INVESTIGACION DEL GRUPO DE COMBUSTION DEL I.N.T.A.

CONTRATOS CON
LA AIR RESEARCH
AND DEVELOPMENT
COMMAND

TEMAS

PUBLICACIONES



En la figura 5 se muestra una de las citadas contribuciones, habiendo sido presentada esta figura por el Profesor Kármán en la reunión de Palermo del AGARD en 1958.

En ella se comparan los valores de la velocidad de propagación de una llama a través de una mezcla combustible, calculados según los métodos de diversos autores y con el método desarrollado por el grupo de combustión del INTA.

Fácilmente se aprecia que la aproximación suministrada por el método INTA es muy superior a la de todos los demás métodos.

5. b. Influencia de la Cinética Química en la combustión de líquidos.

En la mayor parte de los procesos tecnológicos de combustión, el líquido arde en forma de un chorro de gotas de pequeño tamaño. Tal ocurre, por ejemplo en las cámaras de combustión de turborreactores, estatorreactores o en motores cohete de propulsores líquidos.

A estos problemas de combustión de líquidos en forma de gotas ha dedicado el grupo una con-

siderable atención, habiendo logrado en el estudio de estos problemas interesantes aportaciones.

El grupo ha trabajado en los problemas de la combustión de gotas aisladas de líquidos mono-propulsantes y bipropulsantes, en los efectos de la convección forzada (movimiento de las gotas respecto a la atmósfera reactante), interacción (pro-

ximidad de otras gotas) y en la combustión de chorros de gotas, que resulta de la combinación de los anteriores procesos.

El problema que se ha seleccionado, a título de ejemplo, es el de mostrar algunos aspectos de la influencia de la Cinética Química en la combustión de gotas.

CUADRO Nº 4
(Continuación)

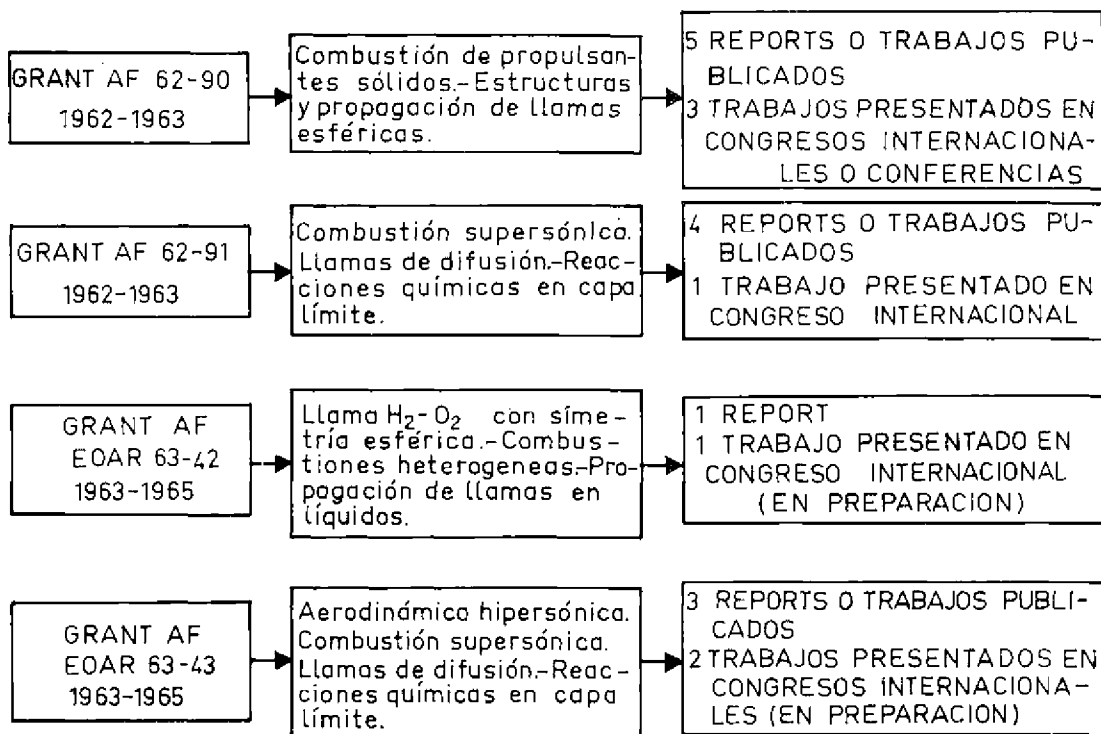
RESUMEN TRABAJOS DE INVESTIGACION DEL GRUPO DE COMBUSTION DEL I.N.T.A.

(Continuacion)

CONTRATOS CON
LA OFFICE OF
AEROSPACE
RESEARCH

TEMAS

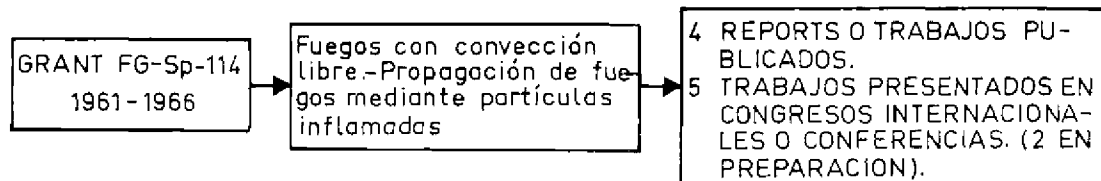
PUBLICACIONES



CONTRATOS CON
EL FOREST FIRE
RESEARCH
SERVICE

TEMAS

PUBLICACIONES



La combustión de gotas de bipropulsantes (*) ha sido tradicionalmente estudiada sin considerar la Cinética Química. Para ello se admite que la velocidad de las reacciones de combustión es infinita, suponiendo que el fenómeno que controla el proceso es el transporte de las especies, mediante difusión, a la zona de la llama.

El grupo de combustión estudió primeramente la descomposición de gotas de monopropulsantes, tales como la hidracina, en atmósfera inerte, proceso en el que la hipótesis anterior no es aplicable, por ser en él la llama del tipo premezclado y no de difusión.

A continuación, estudió el caso de la combustión de gotas de bipropulsantes, demostrando que la hipótesis de velocidad de reacción infinita sólo es válida en ciertos casos.

Este proceso se estudió teóricamente y se comprobó experimentalmente mediante la combustión de gotas de bromo y de ácido nítrico en atmósfera de hidrógeno, así como mediante la combustión de gotas de hidrocarburos a baja presión.

La combustión en el seno del hidrógeno presenta la ventaja de que a causa de su baja densidad, los efectos de la convección libre son inapreciables, siendo las llamas esféricas, como se muestra en la figura 6, lo que facilita las menciones. Además, en la combustión en hidrógeno es más importante la influencia de la Cinética Química.

En la figura 7 se comparan cualitativamente los resultados teóricos y experimentales de la combustión de gotas de heptano en aire a baja presión. Se muestra en ella que la hipótesis de velocidad de reacción infinita proporciona una solución asintótica del proceso, siendo solamente válida para gotas de gran tamaño o de elevada presión.

5. c. *Trayectoria de partículas inflamadas.*

El estudio de este problema constituye una de las partes del programa de investigación sobre incendios forestales que desarrolla el grupo de combustión mediante contrato con el Forest Fire Research Service del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

En el año 1957 se celebró en los Estados Unidos un Congreso sobre incendios forestales, concerniente a la prevención y extinción de los mismos. Una de las principales conclusiones del Congreso fue el reconocimiento de que, hasta el momento

(*) Se refiere este caso a la combustión de una gota en una atmósfera reactante, tal como acontece, por ejemplo, en la combustión de una gota de gasolina en aire, o la de una gota de ácido nítrico en hidrógeno.

actual, la lucha contra los incendios forestales se había basado casi exclusivamente en el empirismo, estimándose necesario el estudio científico de diversos problemas básicos relacionados con dichos incendios.

A consecuencia de ello se redactó un programa de temas de investigación que deberían acometerse. El Forest Service de los Estados Unidos se puso en contacto con el grupo de combustión del INTA, firmándose un contrato de cinco años para el estudio de dos de dichos temas de investigación. Estos temas son las leyes básicas que gobiernan el fuego en atmósfera libre y la propagación de incendios forestales mediante partículas inflamadas; habiendo sido este último tema el que se ha seleccionado para tomar de él uno de los ejemplos mostrados en esta conferencia.

En un incendio forestal, de grandes proporciones, la propagación directa del fuego viene frenada por la fuerte corriente de aire que el propio fuego atrae para la combustión. En estos fuegos de grandes dimensiones el principal y más peligroso mecanismo de propagación lo constituyen las partículas y trozos de madera ardiendo, que la columna de convección levanta a gran altura y que luego el viento lleva a gran distancia por delante del frente de avance del incendio. Estas partículas inflamadas salvan barreras cortafuegos y toda clase de obstáculos, produciendo fuegos locales por delante del incendio principal, a veces a enormes distancias, existiendo el peligro de que quede bloqueado el personal que lucha en la extinción del fuego principal.

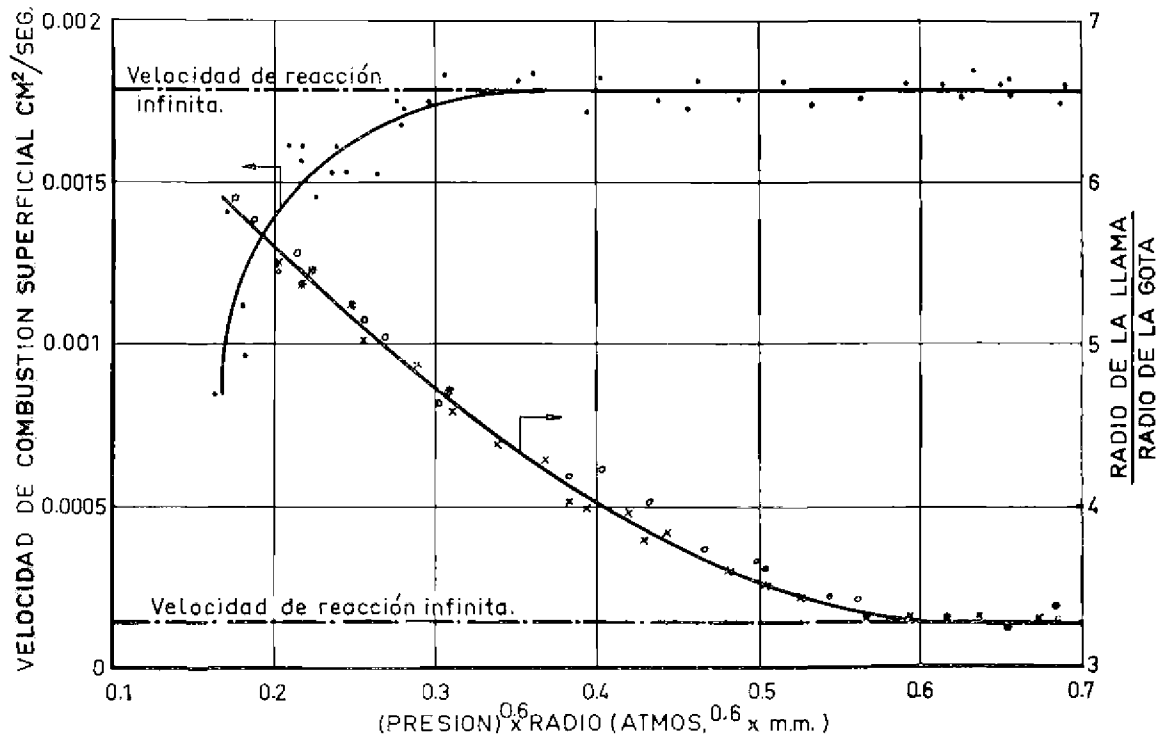
El estudio de este problema se efectúa determinando en túnel aerodinámico las leyes de variación, en función del tiempo, de la resistencia aerodinámica y del peso de trozos de madera ardiendo, así como observando el tiempo de vida (tiempo de apagado) de los mismos.

A partir de estos datos experimentales se calculan las trayectorias y distancias alcanzadas por las partículas o trozos de madera bajo unas condiciones determinadas del viento y de la columna de convección, tales como se muestra en la figura 8. Esta figura se refiere a trozos esféricos de madera de *Pinus pinaster*, con un diámetro inicial de 22 milímetros. Puede verse en ella que las distancias que pueda alcanzar una partícula de tal clase, todavía ardiendo, es muy considerable.

Esta clase de estudios se están realizando con numerosas clases de madera y para diversas formas y tamaños de las partículas, obteniéndose conclusiones sobre los tipos de madera más peligrosos y distancias posibles de propagación de fuegos según las condiciones del viento.

GRAFICO N°7

COMBUSTION DE GOTAS DE HEPTANO A BAJA PRESION



5. d. *Influencia de la Cinética Química en el calentamiento de un misil o astronave durante su reentrada en la atmósfera.*

Este es un tipo de problema en el que la Cinética Química juega un papel importante en la Aerodinámica hipersónica: habiendo trabajado el grupo de combustión en el interesante problema de la influencia que ejerce la Cinética Química en el flujo de calor que llega a un cuerpo durante su reentrada en la atmósfera terrestre.

Cuando un cuerpo penetra en la atmósfera a alta velocidad es conveniente que su parte delantera tenga forma roma. De esta manera, la onda de choque que se forma está separada del obstáculo y la mayor parte del calor regenerado se marcha por convección en la corriente que rodea al cuerpo, ya que la corriente apenas entra en la capa límite que está en inmediato contacto con el cuerpo.

Detrás de la onda de choque la temperatura puede ser muy elevada, de muchos millares de grados. Esto da lugar a una fuerte disociación del aire, especialmente del oxígeno, lo que reduce considerablemente la temperatura. En esta zona de la corriente la Cinética Química desempeña un papel secundario, ya que, a causa de las elevadas temperaturas, los tiempos de reacción son muy cortos, pudiendo considerarse que la corriente se encuentra en equilibrio químico.

Por el contrario, en el interior de la capa límite, junto al obstáculo, las temperaturas son más moderadas y en ella juega un papel esencial la Cinética Química, debiendo considerarse las reacciones de recombinación y el tiempo necesario para las mismas.

Estas reacciones de recombinación se producen en la corriente de la capa límite o por contacto con la pared del cuerpo, habiendo trabajado el grupo en los dos tipos de problemas.

GRAFICO Nº 8

TRAYECTORIAS DE PARTICULAS INFLAMADAS

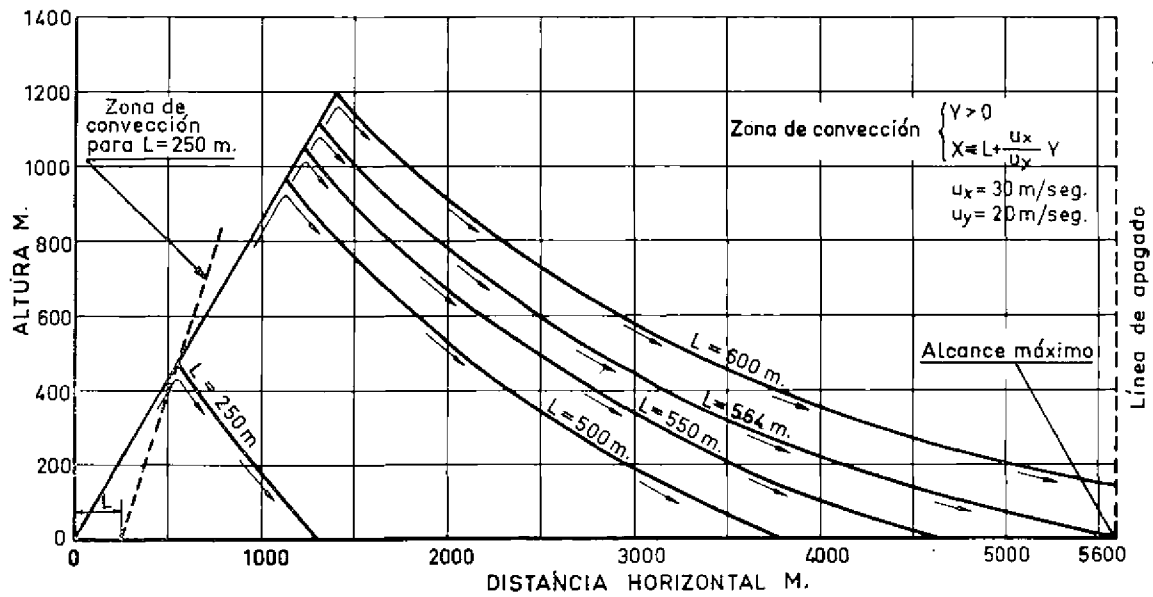
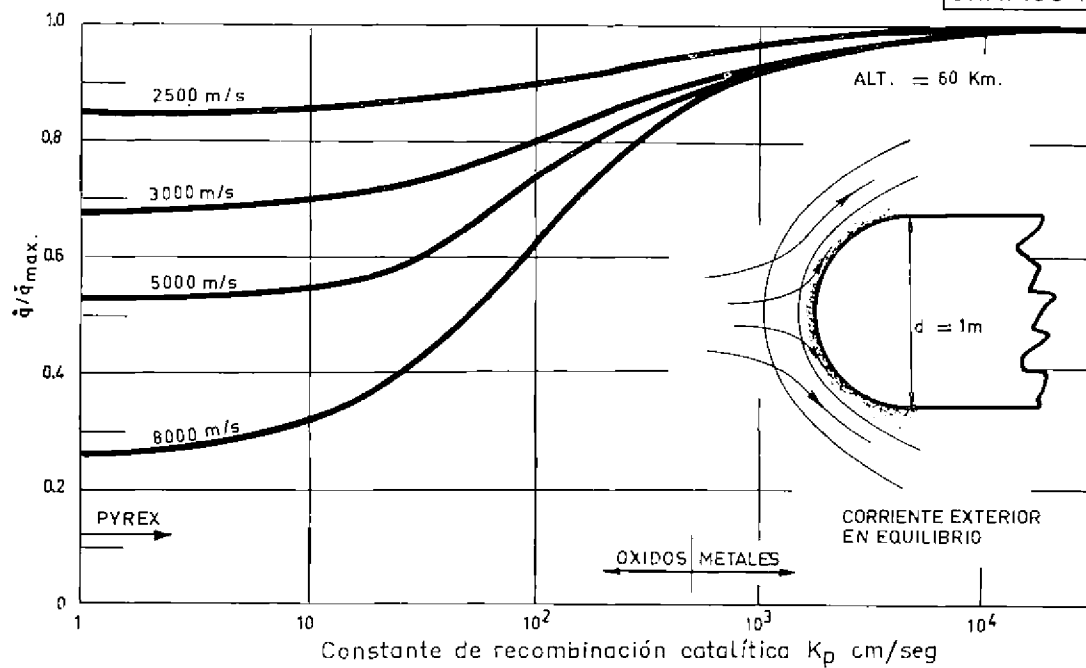


GRAFICO Nº 9



CALOR TRANSMITIDO AL MOVIL EN FUNCION DE LA ACTIVIDAD CATALITICA DE LA PARED

Se ha mostrado, como ejemplo, un caso del segundo tipo de problemas. A grandes alturas, en las que la densidad del aire es muy pequeña, las reacciones de recombinación en la capa límite pierden importancia, ya que por tratarse de reacciones de tercer orden, su velocidad de reacción es proporcional a la tercera potencia de dicha densidad. Por el contrario, las reacciones de recombinación por acción catalítica de la pared sólo son proporcionales a la primera o a la segunda potencia de la densidad, aumentando, pues, su importancia, a medida que la altura crece.

En la figura 9 se muestra la influencia de la acción catalítica de la pared en el flujo de calor que llega al cuerpo a 60 Km. de altura y para diferentes velocidades de penetración. A grandes velocidades, en las que la importancia de la Cinética Químico es mayor, por ser las temperaturas más elevadas, puede verse que si la pared es muy poco catalítica, el flujo de calor puede reducirse a un 25 por 100 del flujo correspondiente al caso de una pared fuertemente catalítica, lo que muestra la considerable importancia del problema estudiado.

6. Aumento de los programas de investigación.

El costo que representa para el país el desarrollo de los programas de investigación que hemos expuesto es por completo insignificante.

El personal del grupo de investigación sobre materiales no representa más que el 10 por 100 del personal del Departamento de Materiales del INTA, por lo que, solamente puede asignársele una parte muy pequeña del presupuesto total a sus gastos de investigación. Por otra parte, el grupo de combustión aún representa un gasto menor por su menor volumen y porque ingresa una cantidad de cierta importancia mediante los contratos: cantidad que hasta la fecha asciende a 175.000 dólares.

Así, pues, puede afirmarse que la cantidad que nuestro país dedica a la investigación aeroespacial carece de valor significativo, excepto su aportación a la Comisión Preparatoria de la Organización Europea de Investigación Espacial (COPERS).

España se ha unido recientemente a esta Organización y contribuye a ella con una suma, para nosotros importante, que podrá llegar a ser de unos 60 millones de pesetas anuales. Esta unión a un programa cooperativo internacional es siempre muy interesante, pero para que sea fecunda debe de ir acompañada de una investigación paralela en el país.

En el INTA se ha iniciado esta política y se esfuerza en aumentar sus programas de investigación. Recientemente ha firmado un contrato de investigación con el COPERS sobre trayectorias de vehículos interplanetarios y satélites. De esta manera podría, además, beneficiarse nuestro país de parte de las sumas invertidas en el COPERS.

De todas maneras, estimamos muy difícil que puedan aplicarse en la escala necesaria los programas de investigación mientras no se resuelva el problema económico. Creemos que un mínimo de inversiones para investigación aeroespacial propia es una cantidad igual a la destinada al COPERS. Aun en este caso no se llegaría en conjunto al 2 por 100 de las inversiones para investigaciones asignadas en el Plan de Desarrollo, pero al parecer la investigación aeroespacial no ha sido apenas tomada en cuenta en el citado Plan, aunque haya sido solicitada.

El problema es esencialmente de tipo económico. Ciertamente que ahora mismo no existe personal investigador en cuantía suficiente para un extenso programa de investigación, pero afortunadamente la juventud sigue acudiendo a nuestra Escuela por la mágica atracción de la aviación, pese al panorama desolador de nuestra ingeniería aeronáutica. Entre ellos los hay de gran calidad que podrían ser excelentes investigadores, completando su formación en los grupos de investigación ya existentes, o, mejor aún, en el extranjero para que ellos pudieran, a su vez, formar nuevos grupos.

A este respecto quiero señalar que todo lo que se haga es poco en cuanto a fomentar el envío de nuestros estudiantes a las grandes Universidades o Institutos Tecnológicos de Estados Unidos, Inglaterra o Alemania. Es la manera más rápida y eficaz de iniciar nuevos campos de investigación, aprendiendo, además, a desechar muchos y viejos prejuicios que lacran nuestra enseñanza y nuestra investigación.

Los que han estudiado uno o dos años en dichos Institutos Tecnológicos o Universidades y han visto cómo constituyen al mismo tiempo centros de enseñanza, investigación y trabajo, en donde conviven ocho o diez horas al día profesores y alumnos, ven el abismo que los separa de nuestras Escuelas de Ingeniería o de nuestras Universidades, que son edificios a donde se va, principalmente, "a dar clase". A ellos les maravilla que todavía haya personas que combatan la dedicación plena del profesorado, cuando esta dedicación junto con su calidad, es lo que verdaderamente cuenta para la introducción de la investigación en nuestras Escuelas y para elevar el nivel de nuestra enseñanza. El problema está ahí y no en los programas de estudios o en el número de alumnos ingresados.

Volviendo de nuevo al problema económico de

la investigación aeroespacial, insistimos en que España puede y debe ampliar sus programas de investigación, debiendo seleccionar aquéllos que ofrezcan mejores perspectivas para elevar el nivel técnico en áreas que se consideren de especial interés para el país. Por otra parte, estos programas de investigación deben seleccionarse atendiendo también a su interés científico y procurando que no exijan para su estudio instalaciones experimentales demasiado costosas.

Hay diversos problemas que han surgido con motivo de la conquista del espacio, que cumplen las condiciones que acaban de señalarse. Por ejemplo, los problemas de conversión directa de la energía térmica en eléctrica y los nuevos sistemas de almacenamiento de energía los consideraremos de gran interés para nuestro país, por cumplir todas las condiciones anteriormente señaladas.

Otros posibles temas de interés son los servomecanismos y sistemas de control, así como diversos temas en relación con la Electrónica.

Por otra parte no parece posible que España aspire a tener una investigación aeronáutica aplicada importante, por su elevado coste y porque sólo existe en el país una débil industria aeronáutica, a la que habría que atender en primer lugar. No obstante, creemos que, al menos, un programa de investigación aplicada o de desarrollo debería llevarse a cabo, por el impulso que ello proporciona al nivel técnico de la aeronáutica y por el prestigio internacional del país.

Se ha iniciado recientemente en el INTA unos primeros estudios sobre un avión experimental VTOL, es decir, de despegue y aterrizaje vertical. Creemos este tema especialmente apropiado para

España, por las perspectivas futuras que ofrece y porque no exigiría ningún esfuerzo económico desproporcionado con las posibilidades del país.

Para acabar esta conferencia, ya muy larga, quisiera recabar desde aquí la ayuda del Ministerio del Aire para contribuir al aumento de la investigación aeroespacial en España. Nadie puede estar más interesado que él en que aumente el espíritu aeronáutico en nuestro país y se prestigie el nombre de España en el extranjero con los resultados de una investigación aeroespacial.

De acuerdo con ello, me atrevería a proponer una idea a nuestro Ministerio, que consiste en que, a semejanza de lo que han hecho otros países y muy especialmente los Estados Unidos, subvencionase mediante contratos, programas de investigación aeroespacial que podrían desarrollarse en todo el ámbito nacional.

Cifras tan modestas como el 1 por 100 del presupuesto del Ministerio del Aire, tendrían una importante significación si se aplicasen a investigación.

A semejanza de lo que hace la Office of Aerospace Research de la USAF, el Ministerio del Aire podría seleccionar las áreas de investigación que presentasen mayor interés para España. Estos contratos podrían desarrollarse no solamente en nuestra Escuela o en nuestras industrias, sino en cualquier otro centro de enseñanza o trabajo de nuestro país. Ella fomentaría el espíritu aeronáutico y elevaría el nivel y espíritu creativo de nuestros técnicos, de los que hay que esperar que, para bien y prestigio de España, eleven muy por encima de su estado actual las muy difíciles y siempre atraeyentes ciencias y tecnologías aeronáuticas y aeroespaciales.

REFERENCIAS

1. "Tendances Actuelles de la Recherche Scientifique", P. AUGER, UNESCO, 1961.
2. "Organización y Presupuestos de la Investigación en el Mundo", Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 1960.
3. "Estudio Comparativo de los Gastos Consagrados a la Investigación en Diversos Países", Departamento de Ciencias Exactas y Naturales de la UNESCO, 1963.
4. "Conferencia de Ginebra de las Naciones Unidas sobre la Ciencia y Tecnología al Servicio de los Países en vías de Desarrollo, Febrero, 1963.
5. OECD, Informe Wilgress, 1960.
6. "La Investigación Pura, la Investigación Aplicada y la Técnica como Factores del Desarrollo Económico. La Investigación como Inversión", J. M. OTERO NAVASCUÉS, Centro de Estudios Sociales del Valle de los Caídos, Septiembre 1963.
7. "Actitud de los Poderes Públicos ante la Investigación y la Ciencia en el Mundo actual. Organismos Internacionales para el Desarrollo de la Investigación y la Enseñanza Científica", J. M. ALBAREDA HERRERA, Centro de Estudios Sociales del Valle de los Caídos, Septiembre 1963.

8. "Las Necesidades de Educación y el Desarrollo Económico-Social de España". Proyecto Regional Mediterráneo. OECD, 1963.
9. "The Commercial Application of Missile Space Technology". Denver Research Institute (Report-NASA). Septiembre 1963.
10. "La Investigación Científica y Técnica en Italia". Consejo Superior de Investigaciones Científicas 1960.
11. "La Industria Aeronáutica Italiana". J. DE GALLARD, Interavia, marzo 1963.

Las Referencias de los trabajos de los Grupos de Investigación sobre Materiales y sobre Aerotermodinámica son demasiado numerosos (más de 300) para que puedan reseñarse individualmente.

Por esta razón se han agrupado por materias, indicándose solamente los temas generales y los autores de los trabajos concernientes a los mismos.

a) Grupo de Investigación sobre Materiales.

1. *Influencia del estado físicoquímico de las aleaciones en la emisión espectral. Métodos de análisis.*

44 Trabajos y Reports por:

J. M. LÓPEZ DE AZCONA, A. CAMUÑAS PUIG, E. ASENSI ALVAREZ-ARENAS, J. L. SAN ROMÁN ROFAST, C. LAGO, J. M. LOSADA, G. DEL OLMO VEGA, M. V. DE LA PEÑA, A. SAMPEDRO, F. GÓMEZ RUI-MONTE, H. CARRANCIO.

2. *Investigación de constituyentes por métodos de la Metalografía clásica y a elevadas temperaturas.*

5 Trabajos y Reports por:

R. CALVO RODÉS, P. GÓMEZ BAEZA, J. A. GARCÍA-POGGIO, E. MONTIEL RODRÍGUEZ, E. ASENSI ALVAREZ-ARENAS.

3. *Estudio de precipitados y estructuras por microscopía y difracción electrónica.*

9 Trabajos y Reports por:

J. A. GARCÍA-POGGIO, A. CAMUÑAS PUIG, M. V. DE LA PEÑA, C. LAGO.

4. *Deformación de redes metálicas y su estudio por técnicas de difracción de rayos X.*

2 Trabajos y Reports por:

R. CALVO RODÉS, L. RIVOIR ALVAREZ.

5. *Investigación de la calidad de los materiales mediante técnicas no destructivas.*

8 Trabajos y Reports por:

R. CALVO RODÉS, Z. GARCÍA-MARTÍN, L. RIVOIR ALVAREZ, F. RAMÍREZ GÓMEZ, G. DELOJO MORCILLO.

6. *Corrosión y protección metálica contra la misma.*

3 Trabajos y Reports por:

E. J. GARCÍA-SARDINERO, J. SÁENZ INSAUSTI.

7. *Fragilidad de contracción de las aleaciones de aluminio.*

4 Trabajos y Reports por:

J. A. GARCÍA-POGGIO, J. SÁENZ INSAUSTI, J. CIERIA PINTADO.

8. *Aceros de muy alta resistencia.*

10 Trabajos y Reports por:

P. GÓMEZ BAEZA, J. A. GARCÍA-POGGIO, A. CAMUÑAS PUIG, E. J. GARCÍA-SARDINERO.

9. *Investigaciones sobre el tratamiento térmico de las aleaciones de aluminio.*

5. Trabajos y Reports por:

J. A. GARCÍA POGGIO, E. ASENSI ALVAREZ-ARENAS y E. MONTIEL RODRÍGUEZ.

10. *Tipificación racional de aceros de resistencia.*

44 Trabajos por:

R. CALVO RODÉS, J. APRAIZ BARREIRO, P. GÓMEZ BAEZA, J. A. GARCÍA POGGIO, E. J. GARCÍA SARDINERO, F. MUÑOZ DEL CORRAL, F. RAMÍREZ GÓMEZ, E. ASENSI ALVAREZ-ARENAS y J. M. DE LA TORRE CURSACH.

11. *Influencia de los tratamientos en las propiedades de las aleaciones ligeras.*

4 Trabajos y Reports de Publicaciones INTA por:

J. A. GARCÍA POGGIO y J. M. DE LA TORRE CURSACH.

12. *Investigaciones sobre aceros de sustitución.*

2 Trabajos por
R CALVO RODES y colaboradores y P GOMEZ
BAEZA

13 *Endurecimiento superficial por tratamientos de
difusion*

5 Trabajos y Reports por

A CAMUÑAS PUIG E ASENSI ALVAREZ ARENAS
E J GARCIA SARDINERO H PEREZ VAZQUEZ y
P GOMEZ BAEZA

14 *Aleaciones de magnesio para moldeo*

2 Trabajos por

J A GARCIA POGGIO y I RIVOIR ALVAREZ

15 *Aceros inoxidables y aleaciones refractarias*

7 Trabajos y Reports por

J APRAIZ BARREIRO J A GARCIA POGGIO
J M DE LA TORRE CURSACH y F GOMEZ RUIMONTE

16 *Maquinabilidad de aceros*

2 Trabajos por

R CALVO RODES y colaboradores E J GARCIA
SARDINERO J A GARCIA POGGIO J M DE LA TO
RRE CURSACH

17 *Aceros de cementacion*

15 Trabajos y Reports por

R CALVO RODES y colaboradores P GOMEZ
BAEZA E ASENSI ALVAREZ ARENAS

18 *Fatiga y desgaste de materiales metalicos*

10 Trabajos y Reports por

R CALVO RODES y colaboradores E J GARCIA
SARDINERO J A GARCIA POGGIO

b) *Grupo de Investigacion sobre Aerotermodinamica
(Combustion)*

1 *Aerotermodinamica*

1 Trabajo por

G MILLAN BARBANY

2 *Estructuras de llamas laminares premezcladas*

7 Trabajos y Reports por

C MILLAN BARBANY S SANZ ARANGUEZ y
J M DE SENDAGORTA

3 *Combustion de hidrocarburos en forma de gotas*

4 Trabajos y Reports por

G MILLAN BARBANY y C SANCHEZ TARIFA

4 *Estructuras de llamas laminares premezcladas y
de difusion*

9 Trabajos y Reports por

G MILLAN M DE SENDAGORTA e I DA RIVA

5 *Combustion de monopropulsantes*

6 Trabajos y Reports por

C SANCHEZ TARIFA J M SALAS LARRAZABAI
y P PEREZ DEL NOTARIO

6 *Combustion de chorros*

4 Trabajos y Reports

G MILLAN S SANZ ARANGUEZ e I DA RIVA

7 *Llamas laminares con reacciones en cadena y con
perdidas de calor*

9 Trabajos y Reports por

G MILLAN BARBANY M DE SENDAGORTA e I DA
RIVA

8 *Combustion de biopropulsantes liquidos*

5 Trabajos y Reports por

C SANCHEZ TARIFA P PEREZ DEL NOTARIO y
F GARCIA MORENO

9 *Estructuras de llamas con simetria esferica*

3 Reports por

C SANCHEZ TARIFA P PEREZ DEL NOTARIO y
F GARCIA MORENO

10 *Combustion de solidos*

1 Report por

C SANCHEZ TARIFA

11 *Llamas de difusion*

3 Trabajos y Reports por

A LIÑAN

12 *Combustion supersonica*

2 Trabajos y Reports por

I DA RIVA y A LIÑAN

113 *Reacciones quimicas en capa limite*

1 Trabajos por

I DA RIVA y A LIÑAN

14 *Llama hidrogeno oxigeno con simetria esferica*

2 Reports por

P PEREZ DEL NOTARIO C SANCHEZ TARIFA y
F GARCIA MORENO

15 *Propagacion de llamas en liquidos*

1 Report por

C SANCHEZ TARIFA y F ALVARO FERNANDEZ

16 *Leyes basicas de los fuegos en atmosfera libre*

3 Trabajos y Reports por

C SANCHEZ TARIFA P PEREZ DEL NOTARIO
F GARCIA MORENO A LIÑAN y J A BOLLAIN

17 *Propagacion de incendios mediante particulas
inflamadas*

3 Trabajos y Reports por

C SANCHEZ TARIFA P PEREZ DEL NOTARIO
F GARCIA MORENO A LIÑAN y J A BOLLAIN